

# Diseño conceptual de un producto de ingeniería como estrategia creativa a partir del método de aprendizaje basado en problemas

## Conceptual Design of an Engineering Product as a Creative Strategy since the Problem Based on Learning Method

Leonardo Contreras Emiro Bravo<sup>1</sup>, José Ignacio Rodríguez Molano<sup>2</sup>, Héctor Javier Fuentes López<sup>3</sup>

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-4625-8835>. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, [lecontrerasb@udistrital.edu.co](mailto:lecontrerasb@udistrital.edu.co)

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-2581-277X>. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, [jrodriguezmm@udistrital.edu.co](mailto:jrodriguezmm@udistrital.edu.co)

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-6899-4564>. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, [hjfuentesl@udistrital.edu.co](mailto:hjfuentesl@udistrital.edu.co)

Fecha de recepción: 30/09/2019 Fecha de aceptación del artículo: 04/12/2019



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No comercial-SinObraDerivada 4.0 internacional.

DOI: [10.18041/1794-4953/avances.2.5598](https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.5598)

Como citar: Contreras Bravo, L., Rodríguez Molano, J., & Fuentes López, H. (2019). Creatividad en el diseño conceptual de un producto de ingeniería. Avances: Investigación En Ingeniería, 16(2). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.5598>

## Resumen

Este artículo describe la implementación y los resultados del método de aprendizaje basado en problemas, como una estrategia que fomenta las habilidades creativas en los estudiantes de la materia Mecánica Aplicada. Se desarrolló un marco teórico asociado con la evolución de la enseñanza tradicional hacia una que fortalezca las competencias relacionadas con creatividad e innovación. Posteriormente, se analizó la problemática existente en un caso de estudio (generación de basura en la zona urbana residencial) y se diseñaron dispositivos que ayuden en el proceso de reciclaje y transporte a los recicladores de Bogotá. Así, se planteó la evolución del tipo de enseñanza tradicional practicada actualmente hacia una metodología que permita una mayor participación y responsabilidad por parte del alumno en su propio aprendizaje y propenda a desarrollar habilidades creativas. Finalmente, los estudiantes manifestaron que solucionar problemas reales facilita la asimilación de conceptos y fomenta su creatividad. Tales resultados son contrarios a lo sucedido con la enseñanza tradicional: monotonía, desinterés del estudiante y pobre aplicación de conceptos. Las nuevas estrategias ayudan a que el estudiante sea activo en su aprendizaje y lo enfrentan a adquirir competencias y actitudes que serán de ayuda en su profesión.

**Palabras clave:** creatividad, formación de ingenieros, ingeniería, innovación, TIC.

## Abstract

This document describes the implementation and results of the problem-based learning method (ABP), as a strategy that fosters creative skills in students of applied mechanical matter. Initially a theoretical framework is developed associated with the evolution of traditional education towards one that strengthens the competences related to creativity and innovation which are not strongly developed. Subsequently, an approach is made to the problem in a case study (garbage generation in the residential urban area). From which devices are designed that help in the process of recycling and transport to the recyclers of Bogotá. It is proposed, the evolution of the type of traditional teaching currently practiced towards a methodology that allows greater participation and responsibility on the part of the student in their own learning and presenting an opportunity for the development of creative skills. Finally, statistics of the results of this work are presented, where the students state that solving real problems facilitates the assimilation of concepts and fosters their creativity. Results that are contrary to what happened with traditional education: monotony, student disinterest and poor application of concepts. The new strategies help the student to be active in their learning; faces him to acquire skills and attitudes that will be helpful in his profession.

**Keywords:** creativity, engineering training, engineering, innovation, ICT.

## Introducción

Las tecnologías han incursionado en muchos campos; uno de estos, el campo educativo, donde la forma y las metodologías de enseñanza, caracterizadas por la transmisión de información del docente hacia el estudiante (solución de problemas teóricos planteados por el docente), han cambiado y generado el reto de crear estudiantes críticos, generadores de conocimiento y emprendedores en la búsqueda de integración del campo educativo al campo productivo, así como de la solución de problemas reales presentes en las comunidades.

La educación en ingeniería se ha centrado en la solución de problemas que, por lo general, no son reales (libros de texto) y en la enseñanza de rutinas de esos problemas. Dicha tarea ha sido bien desempeñada por los estudiantes; pero ¿qué sucede cuando el problema que se va a tratar es uno de la vida cotidiana o del contexto del estudiante? La respuesta puede estar en el hecho de que al estudiante no se le plantean, por lo general, este tipo de situaciones, que el sistema falla debido a la falta de estrategias de análisis del problema que se intenta solucionar y a la falta de alternativas de solución. En este sentido, cobra mayor importancia el rol de las facultades de ingeniería, ya que se convierten en el escenario clave para promover la creatividad, la innovación, la competitividad y el cambio, cuyo contexto invita a analizar la forma de enseñar la ingeniería.

Por tanto, las instituciones de educación superior deben gestionar competencias en los estudiantes que los preparen para enfrentar el mundo laboral cambiante y para los desafíos que puedan presentarse en su vida profesional. Aquí es donde las facultades desempeñan un papel importante, ya que se requiere despertar en los estudiantes la creatividad, con la cual se debe fomentar la innovación, que se traduzca en iniciativas empresariales y en el desarrollo de soluciones pragmáticas.

En este sentido, el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia), en especial el área de diseño y manufactura, ha generado diversos proyectos de solución de problemas reales por medio de la aplicación de conocimientos de sus estudiantes, adquiridos a través de diversas asignaturas cursadas a largo de su carrera universitaria [1], [2].

El objetivo de este proyecto no es solo que el estudiante adquiera nuevos conceptos que lo ayuden a superar la asignatura cursada, sino que desarrolle competencias y destrezas profesionales, como el desarrollo de habilidades espaciales, el lenguaje simbólico, la selección de materiales, el cálculo y selección de elementos mecánicos básicos, entre otras que formen profesionales altamente capacitados académica y tecnológicamente, con una notoria capacidad creativa o innovadora [3].

## 1. Marco teórico

Dentro del campo educativo existen diversas maneras de potenciar la formación integral de un futuro ingeniero; una de ellas es utilizar la solución de problemas reales como estrategia pedagógica, tal como lo afirma [4]: “un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos es una metodología donde los estudiantes son los protagonistas del aprendizaje”, son quienes asumen la responsabilidad de ser parte activa en el proceso.

Así mismo, en los últimos años, cambios en lo social, lo económico y lo político, debido a las tendencias y avances de la tecnología, hacen que se requieran fuertes dosis de ingenio y adaptabilidad a los retos planteados por el mercado laboral, un fuerte conocimiento del campo específico de acción y la excelencia técnica en el aprendizaje [5]. Por tanto, la sociedad está ávida de formar egresados capaces de aprender a aprender, de innovar, de generar productos novedosos, de buscar soluciones a los enormes problemas que agobian a su país, y por eso, a partir del inicio de la era digital, las universidades y las academias de ingeniería, conjuntamente con asociaciones de ingeniería, han asumido la tarea de replantear los procesos de formación de ingenieros [6].

## 1.1. Cambio pedagógico en ingeniería

Por lo general, en las materias de ingeniería se ha usado un método tradicional de enseñanza, caracterizado por un trabajo en el que el docente imparte una serie de conceptos, que el estudiante asimila como un actor pasivo del proceso de enseñanza-aprendizaje, en el cual los estudiantes conocen fórmulas, en mayor o menor cantidad, que procuran utilizar en función de los datos del problema, a fin de resolverlos de manera mecánica e irreflexiva, sin pensar qué están calculando [7].

De manera similar, esta apreciación la comparte [8], quien expresa que la dependencia en los libros de texto e instrucción masiva están obsoletas en la era de la información y la investigación; debe centrarse en evaluar y mejorar las metodologías de enseñanza, apropiando nuevas técnicas y tecnologías existentes.

Algunos autores como [9] presentan una visión acerca del cambio de paradigma de los docentes frente a la metodología utilizada en sus enseñanzas, planteando la necesidad de utilizar estrategias creativas que contrasten con las tradicionales, a fin de lograr una mayor motivación en los alumnos. Señala que es misión de los profesores fomentar en sus alumnos la actitud creativa, el ser capaces de enfrentarse con lo nuevo, improvisar, no temer al cambio sino a sentirse mejor con él. Esto significa que se debe enseñar y preparar al alumno no según los viejos modelos, sino en el nuevo sentido de formar alumnos “creativos”.

Ahora bien, en cuanto a cuáles deben ser las habilidades que deben poseer los futuros ingenieros al culminar sus estudios, la organización Accreditation Board for Engineering and Technology estableció una clasificación de habilidades cognitivas y profesionales dentro de las cuales, de acuerdo con la tabla 1, se pueden evidenciar: por un lado, la necesidad de identificar, formular y solucionar problemas de ingeniería; por otro, la necesidad de comprender los posibles impactos de las soluciones de ingeniería. Las anteriores son habilidades que las metodologías de enseñanza tradicionales no desarrolla profundamente. Por ello, este trabajo se fundamenta en la necesidad de involucrar al estudiante en su propio proceso de aprendizaje, para que pase de ser un actor pasivo (que observa, escucha, toma nota, lee libros, conceptualiza aisladamente) a ser uno activo en el conocimiento (que experimenta, propone soluciones a un problema, analiza resultados), capaz de tomar decisiones sobre algún problema.

**Tabla 1.** Habilidades esperadas de formación para un ingeniero

Habilidades cognitivas	Habilidades profesionales
Aplicar los conocimientos	Funcionar en equipos multidisciplinares
Diseñar y realizar experimentos, analizar e interpretar datos	Responsabilidad ética y profesional
Diseñar un sistema, componente, o proceso para satisfacer necesidades teniendo en cuenta sus impactos	Comunicarse efectivamente
Identificar, formular y solucionar problemas de ingeniería	Comprender los posibles impactos de las soluciones de ingeniería
Usar las técnicas, habilidades e instrumentos modernos de ingeniería	Compromiso con el aprendizaje durante toda la vida y conocimiento de temas contemporáneos

Fuente: adaptado de [10].

## 1.2. Aproximación al aprendizaje basado en problemas

El aprendizaje basado en problemas (ABP) se define como una metodología centrada en el aprendizaje, en la investigación y en la reflexión que siguen los alumnos para llegar a una solución ante un problema planteado por el profesor [11].

Por lo general, en el proceso educativo en ingeniería, el docente explica una parte de la materia y para la evaluación de un porcentaje final propone un trabajo en el cual los estudiantes deben aplicar los conocimientos adquiridos en la materia durante el semestre. En este sentido, el ABP se presenta como una metodología para que los estudiantes adquieran los mismos conocimientos recibidos por medio de una clase magistral (problemas ficticios); pero que ahora los adquieran y apliquen en la solución de un problema real [12].

Autores como [4] definen al ABP como “un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos”. En esta metodología, los protagonistas del aprendizaje son los propios alumnos, que asumen la responsabilidad de ser parte activa en el proceso.

Así, el ABP ayuda al alumno a desarrollar diversas competencias, por ejemplo: resolución de problemas, toma de decisiones, trabajo en equipo o habilidades de comunicación (argumentación y presentación de la información) [13]. De igual manera, favorece la posibilidad de interrelacionar distintas materias o disciplinas académicas, en las que los alumnos trabajan en pequeños grupos. Para intentar solucionar un problema, los alumnos pueden (y es aconsejable) necesitar recurrir a conocimientos de distintos cursos ya adquiridos. Esto ayuda a que los estudiantes integren en un “todo” coherente sus aprendizajes [14].

En el campo del educativo existe especial interés en la puesta en práctica del ABP, como es el caso del trabajo de [15], quien concluye que el trabajo autónomo y colaborativo es imprescindible para el diseño e implementación del ABP en una asignatura, al hacer hincapié en que buena parte de su éxito radica en el trabajo autónomo del estudiante frente al problema planteado que busca una solución.

El ABP es y será relevante para la mejora de la calidad educativa, pues se aplica en diferentes áreas de las ciencias básicas, por ejemplo, los trabajos de [16], [17], en los cuales dicha metodología transforma el interés de los estudiantes hacia la comprensión de los temas y se evidencia el

cambio por saber y aplicar los conceptos estudiados en sus diferentes realidades cotidianas. En el área de las ingenierías y campos relacionados han aparecido trabajos como los de [18], que aportan elementos de interés para el ABP: la creatividad en el diseño como elemento de interés en el aprendizaje y la lluvia de ideas para generar diseños. Otros aportes interesantes son los de [19] y [20], que muestran que el uso del ABP mejora la adquisición de competencias que corresponden a necesidades de la sociedad del conocimiento (autonomía, análisis crítico, trabajo en equipo y comunicación), así como median para la integración de conocimientos de diferentes disciplinas.

### 1.3. Aproximación a la creatividad e innovación en ingeniería

La definición del término creatividad depende de la perspectiva desde el cual se conciba. Para algunos es la destreza, la aptitud o la capacidad, y para otros tantos es un proceso de resolución de problemas o el resultado de algo nuevo [21]. Por tanto, aunque puede parecer que los términos creatividad e innovación son sinónimos, vale la pena detenerse en ellos para tener mayor claridad. Galeano [22] señala que la creatividad aporta renovadoras formas para analizar la naturaleza misma de un problema, y su estudio permite generar una gama de posibilidades de solución. Por otro lado, la innovación incorpora en sí misma una solución creativa, esto es, una transformación que se lleva a cabo con la finalidad de dar solución a un problema o superar una situación existente [23].

Una de las habilidades necesarias para promover la innovación y el desarrollo tecnológico es la creatividad, que identifica a los ingenieros y que puede ser desarrollada y fortalecida en los estudiantes de ingeniería. Por tanto, el proceso de enseñanza-aprendizaje debe evolucionar para formar ingenieros con habilidades creativas, capaces de tomar acciones de solución frente a un problema y participar de forma óptima en procesos de innovación tecnológica.

La enseñanza universitaria tiende a ser una estructura rígida, muy poco flexible en cuanto a metodologías de enseñanza; por tanto, se hacen necesarias competencias para incentivar el espíritu creativo e innovador al estudiante, haciendo uso de herramientas digitales que motiven la creatividad y el ingenio de los actores de la educación. Según [24], esto se consigue con la práctica; pero existen factores clave, como el ambiente de trabajo académico y la motivación, que influyen en su éxito. De manera similar, María Esther del Moral Pérez [25] ha enumerado una serie de factores que contribuyen a desarrollar la creatividad: el clima educativo de la clase, las actitudes del docente, la metodología didáctica empleada, los recursos y técnicas utilizadas y la creación de situaciones y actividades motivadoras.

Otro trabajo importante es el estudio de [26], quienes identificaron estrategias con el fin de fomentar la creatividad y la innovación en estudiantes de ingeniería: inclusión de la creatividad, la innovación y el emprendimiento en la formación de ingenieros no como materias electivas, sino como parte de la estructura medular de los programas de formación. Aquí, la metodología de enseñanza debe enfocarse de manera que el estudiante asimile los contenidos con un uso práctico y creativo. Entonces, al no realizarse cambios en el modelo de enseñanza-aprendizaje de la ingeniería, esta continuará perpetuando formas obsoletas que no responden a las necesidades del exigente entorno socioeconómico actual.

## 2. Método

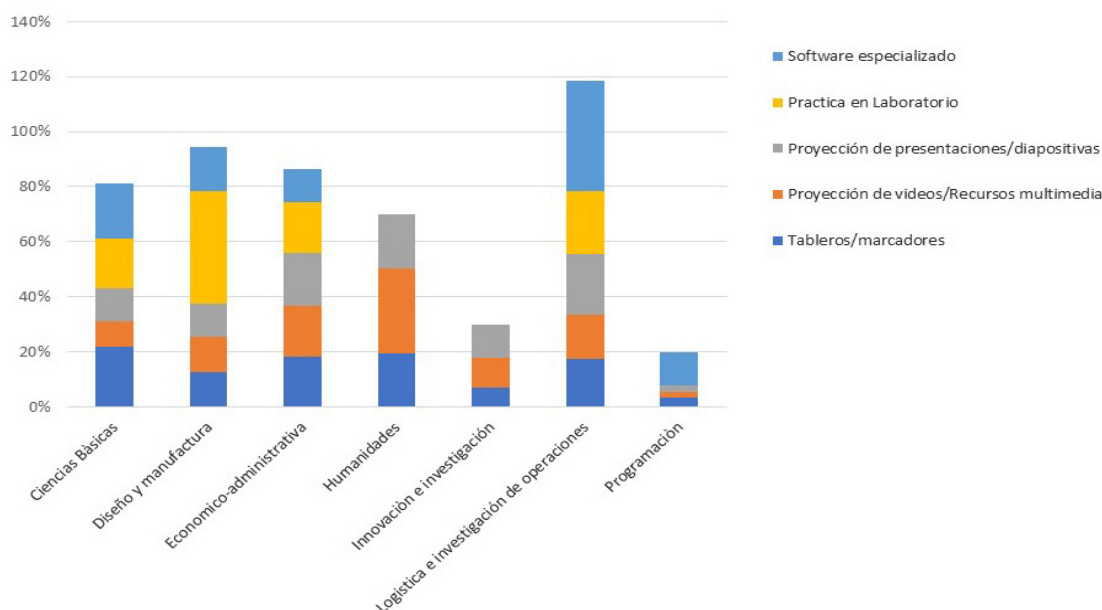
La investigación corresponde a un tipo de investigación cualitativa. El tipo de estudio es descriptivo, cuyo fundamento es el análisis de características que buscan especificar las propiedades importantes de personas o grupos. Se seleccionaron una serie de interrogantes y se midieron cada uno de ellos independientemente, para así describir lo que se investiga.

### 2.1. Población objeto

En esta investigación participaron 160 estudiantes pertenecientes a la asignatura Mecánica Aplicada, pertenecientes al segundo semestre del 2017. Esta asignatura se encuentra ubicada en el quinto semestre de la carrera de Ingeniería Industrial. Cada curso posee en promedio 38 estudiantes con una intensidad horaria de 4 horas semanales, en la que se usa una metodología tradicional (clases magistrales de tipo expositivo y prácticas de laboratorio).

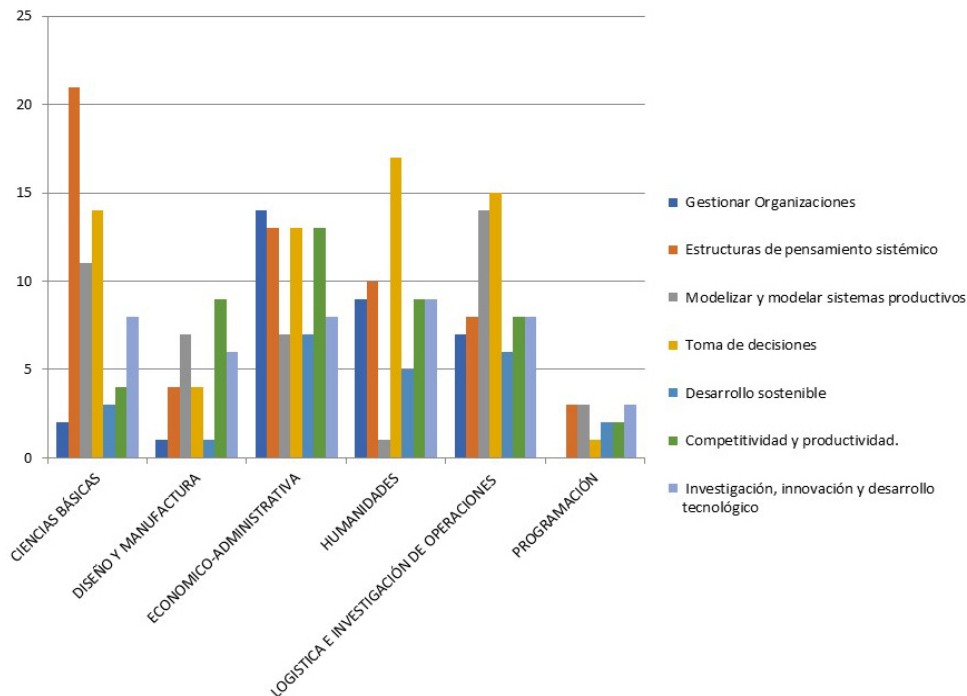
### 2.2. Contexto de la investigación

En el programa de Ingeniería Industrial se desarrolló un trabajo de reconocimiento de los métodos de enseñanza-aprendizaje que concluyó en el 2014. Dicho trabajo mostró que no se desarrollan fuertemente las competencias relacionadas con la creatividad y la innovación en cada una de las áreas en las que se divide el programa académico, lo mismo que aquellas enfocadas en el desarrollo sostenible (figura 1a). De igual manera, se evidenció que los docentes de Ingeniería Industrial usan poco la estrategia del trabajo grupal colaborativo (pues la exposición magistral es la estrategia más utilizada); tampoco usan mucho software o tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para afianzar el aprendizaje del ingeniero industrial (figura 1b), y aunque en todas las áreas se usa el trabajo final como estrategia metodológica, para la evaluación de los conceptos asimilados por los estudiantes, estos se enfocan en la aplicación de los conceptos vistos en la materia que se cursa, mas no en solucionar problemas reales y cotidianos. En consecuencia, no se incentiva la creatividad, ni mucho menos se genera una innovación de algún proceso o fenómeno.



**Figura 1. a)** Competencias aportadas por cada área al ingeniero industrial en la Universidad Distrital.



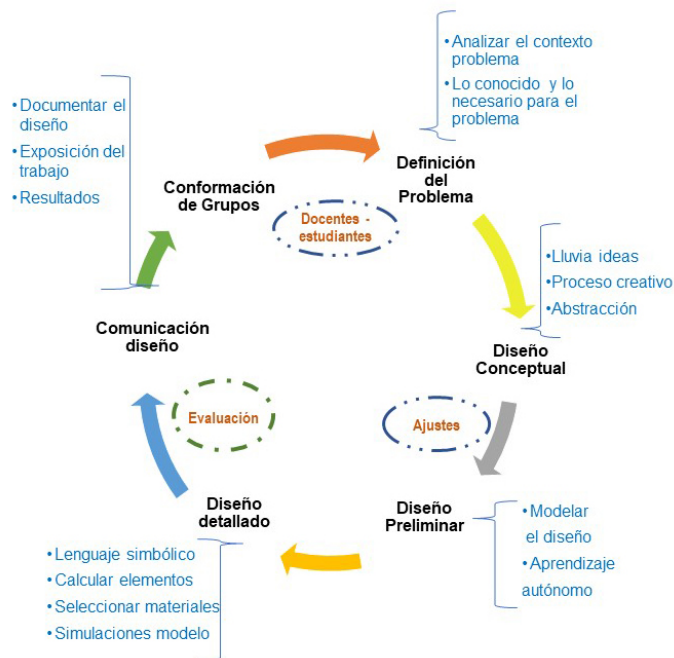


**Figura 1. b)** Herramientas usadas por los docentes en sus asignaturas por áreas académicas.  
Fuente: Proceso de Reconocimiento de Métodos de Enseñanza y Aprendizaje-2014

## 2.3. Proceso de actividad con aprendizaje basado en problemas

En la implementación del ABP se buscó resolver el problema de la generación de basura en una zona urbana residencial de la ciudad de Bogotá a través del diseño de dispositivos que ayuden a un mejor manejo de las basuras y su transporte de acuerdo con las normas técnicas colombianas.

Las fases del desarrollo de la metodología se muestran brevemente en la figura 2.



**Figura 2.** Fases de aprendizaje y desarrollo de la metodología ABP en el curso de Mecánica Aplicada

- ◆ Conformación de grupos: los estudiantes trabajan en grupos colaborativos de seis personas, que les permiten adquirir conocimientos y responsabilidades, plantear soluciones y resolver conflictos propios del quehacer en grupo para la consecución de los objetivos previstos de un trabajo ingenieril real.
- ◆ Definición del problema: el docente plantea el problema y establece las condiciones para el desarrollo del proyecto, que deberá ser: creativo, inventivo e innovador, implementando los conocimientos de ingeniería adquiridos antes del curso de la materia y durante este.
- ◆ Objetivos del ABP: conocer y calcular elementos de transmisión de potencia (poleas, cadenas, engranajes y tornillos) de uso industrial; así como definir criterios de diseño y selección de materiales adecuados para el prototipo.
- ◆ Diseño conceptual: involucra la identificación de las entidades, atributos y relaciones; lluvia de ideas del problema que se debe solucionar e identificación de conceptos que poseen el grupo de estudiantes y que otros deberán aprender.
- ◆ Diseño preliminar: síntesis estructural en la cual se define el tipo de mecanismos y subsistemas que han de componer el diseño. Esta etapa es acompañada por el docente del área y de otras asignaturas de las cuales se requiere asesoría para determinar los componentes del dispositivo que se va a diseñar.
- ◆ Diseño detallado: integra conceptos de cursos previos (dibujo, materiales de ingeniería, procesos mecánicos y químicos) que permiten a los estudiantes ver la aplicación real de estas materias. Esta fase involucra aspectos propios del diseño: la interpretación del lenguaje simbólico (simbología de elementos y desarrollos de planos); la transformación espacial de los elementos de máquina; el cálculo y dimensionamiento (modelamiento físico-matemático de cargas, identificación de puntos críticos, relaciones entre cargas y esfuerzos); selección de materiales (identificación de funciones, condiciones de trabajo y disponibilidad en el mercado).
- ◆ Comunicación del diseño: en la que los estudiantes documentan y socializan su trabajo cambiando el paradigma en el cual el estudiante “perfecto” ya no es aquel que obtiene una buena nota en el examen final producto de aprender de memoria conceptos y fórmulas, sino que el estudiante “perfecto” es aquel que ha adquirido los conocimientos necesarios, fomentando su creatividad por medio del trabajo colaborativo y autónomo [12].

## 2.4. Instrumento

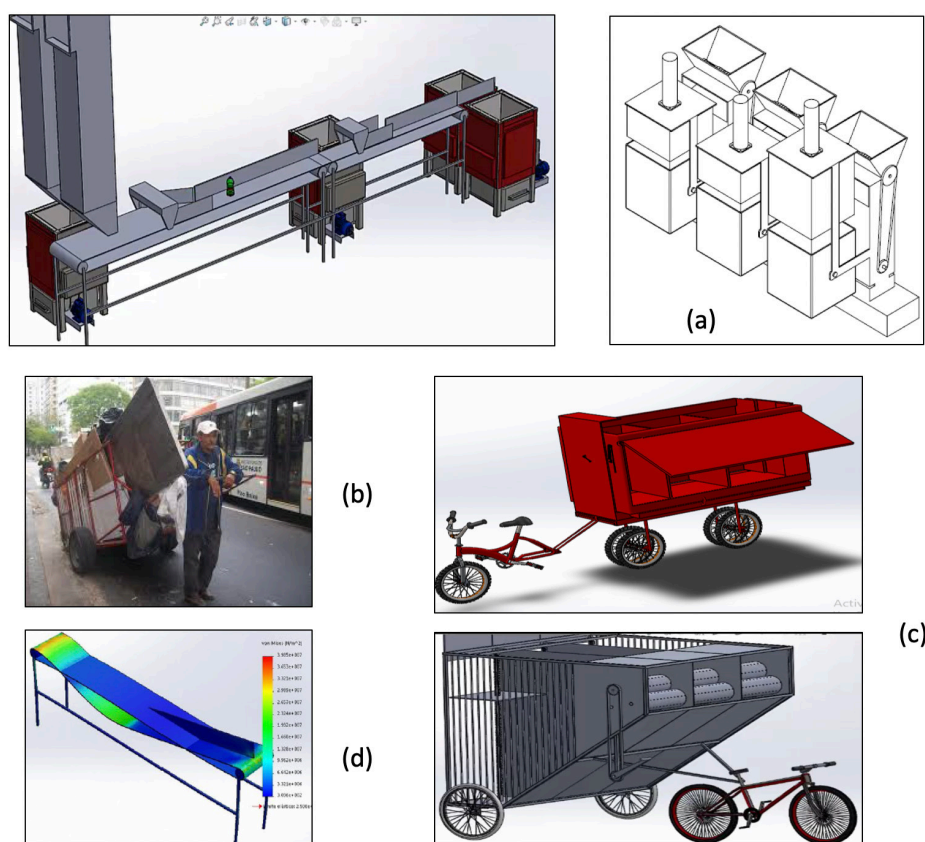
El instrumento de recopilación de datos consistió en un formulario que permitía coleccionar información acerca de la evolución de los estudiantes hacia el desarrollo del problema planteado, así como recoger las impresiones que en los estudiantes logró despertar la estrategia de solución de problemas. Debido al carácter exploratorio del trabajo, se diseñaron las preguntas con el propósito de obtener información de un listado de posibilidades; por lo tanto, la mayoría de las variables son de tipo politómicas, aunque también existen preguntas abiertas.



### 3. Resultados

Los diseños generados por los grupos de estudiantes manipularan tres materiales reciclables: papel, vidrio y plástico, teniendo en cuenta la legislación colombiana (decretos 142 de 1994, 99 de 1993, 632 del 2000, 689 del 2001, 1713 del 2002, 1505 del 2003) en relación con la prestación del servicio público de aseo y con la gestión integral de residuos sólidos, normas de ergonomía y materiales, etc. La figura 3a muestra algunos de los prototipos diseñados con la finalidad de ser una alternativa de reciclaje aplicado a un shut residencial de apartamentos, donde la transmisión de potencia se realiza por motores eléctricos y reductores, cadenas y correas de transmisión, cilindros neumáticos e hidráulicos.

La figura 3b muestra una de las formas habituales de transporte de los recicladores de la ciudad de Bogotá, los cuales no facilitan la movilidad, no brindan comodidad al operario y, además, muchas de ellas no cuentan con suficiente espacio para el traslado de los residuos. Para contribuir a la solución de este problema, los estudiantes plantearon diseños con vehículos para el transporte y clasificación de reciclaje (cartón, plástico, papel y vidrio; triturados a medida que se pedalea en la bicicleta), que también brindan más espacio de almacenamiento. Ello, al permitirles extenderse hacia sus costados, les garantiza mayor almacenamiento. En la figura 3c se muestran, a manera de ejemplo, un análisis por elementos finitos (técnica de simulación por computador) de uno de los elementos constitutivos de los diseños para el caso de cargas, esfuerzos y desplazamiento, ya que también se buscaba la integración de herramientas computacionales para el cálculo del diseño.

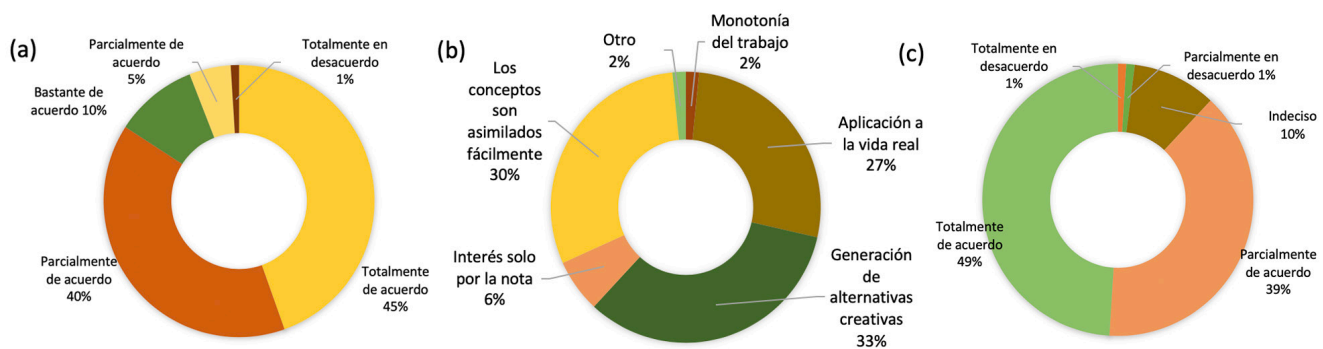


**Figura 3.** a) Prototipo de recolección de material reciclable. b) Transporte usado por recicladores. Fuente: [27] c) Algunos diseños propuestos para transporte de reciclaje. d) Análisis E. F. Fuente: estudiantes de Mecánica Aplicada 2017-II.

Con el fin de valorar los resultados de la aplicación de la metodología como estrategia de aprendizaje, se plantearon varias preguntas. Se indagó para identificar cuáles son algunas consecuencias del uso de la estrategia de solución de problemas (figura 4a). Entonces, los estudiantes manifiestan que así se hace menos hincapié en la memorización de conceptos que en las clases tradicionales (si son sumados los porcentajes del 45 % para totalmente de acuerdo y del 40 % para parcialmente de acuerdo). Esto puede sugerir que es necesario dinamizar el proceso de enseñanza, pasando del método memorístico a la inclusión de otras estrategias, a fin de fomentar la creatividad y la asimilación de conocimientos por parte de los estudiantes.

La mayoría declara que solucionar problemas reales facilita la asimilación de los conceptos de estas asignaturas y fomenta su creatividad, como se muestra en la figura 4b. Estas opiniones son contrarias a lo que sucede en ciertos casos la enseñanza tradicional: monotonía, desinterés del estudiante, pobre aplicación de conceptos, entre otras. Estos nuevos modos de resolver problemas reales llevan al estudiante a actuar en su campo profesional. Así, los usos de nuevas estrategias ayudan a contrarrestar el problema del estudiante a no ser activo en su aprendizaje, motivado por los modelos tradicionales de enseñanza y, sobre todo, porque no aprecia la utilidad de este aprendizaje para el rendimiento en los exámenes, pues normalmente estos premian el aprendizaje mecánico o memorístico [3].

La figura 4c muestra la distribución de las opciones de respuesta, con respecto a la pregunta: ¿considera usted que el hecho de usar otra estrategia para la enseñanza de la asignatura lo motivó a asumir una mayor responsabilidad por su propio aprendizaje? Los porcentajes más altos, 49 % y 39 %, respectivamente, se observaron en totalmente de acuerdo y parcialmente de acuerdo. Evidencia que los estudiantes están dispuestos a trabajar por su aprendizaje y por la adquisición de conocimientos relevantes enfocados en la solución de problemas. Aunque no es mostrado en este artículo, los resultados académicos de los estudiantes con respecto a los semestres anteriores, en promedio, fueron mejores.



**Figura 4.** Algunos resultados de la encuesta:

a) Memorización de conceptos. b) Consecuencias del uso de la metodología ABP. c) Responsabilidad por el aprendizaje

## 4. Conclusiones

Al utilizar problemas para motivar el aprendizaje, los estudiantes se centran en identificar conceptos (repasar y estudiar) y estrategias de solución y trabajo en equipo, adquiriendo conocimientos relevantes enfocados en la solución de problemas, que fomentan la creatividad y la innovación, lo cual hace que el profesor se convierta en un facilitador del proceso y no en una autoridad dentro de la materia, como se hace cuando se usa la metodología tradicional de enseñanza.

Es posible iniciar un proceso de cambio en la metodología de enseñanza-aprendizaje, por otras que fomenten habilidades creativas y autoaprendizaje en los estudiantes, no solo en el curso de Mecánica Aplicada, sino en otras del programa de Ingeniería Industrial, ya que por lo general el docente tiende a reproducir las metodologías de enseñanza recibidas durante su formación.

Estos cambios en la forma de enseñar arrojan buenos resultados en el actuar y el percibir la realidad por parte del estudiante, ya que lo enfrentan a adquirir competencias actitudes y destrezas que serán de ayuda en su futuro profesional.

Así mismo, este trabajo permitió integrar diversas herramientas computacionales de uso ingenieril que, de cierta manera, distan de las soluciones analíticas tradicionales, pues les permiten realizar las funciones reales de la ingeniería, representadas en el análisis, el diseño, el desarrollo y la evaluación de soluciones para el beneficio de la comunidad.

Este trabajo es una iniciativa de docentes de asignaturas relacionadas con los materiales, el diseño y los procesos de manufactura, quienes buscan estrategias pedagógicas que ayuden al formación del ingeniero que requiere nuestra sociedad, una persona que se adapte a los cambios del mundo, que enfrente retos y pueda solucionarlos, que desarrolle conceptos, que esté motivado a aprender, que relacione contenidos y resuelva los problemas que atañen a una comunidad.

## Referencias

- [1] L. E. Contreras Bravo y W. A. Granados, "Diseño de un dispositivo para la movilidad de personas con discapacidad motriz usando el método función de calidad", *Ingeniería*, vol. 19, n.º 1, pp. 65-82, 2014 [en línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=498850178005>
- [2] L. E. Contreras Bravo, G. A. Castillo Sánchez y M. L. Rodríguez Casas, "Propuesta de diseño de mobiliario para laboratorios informáticos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital", *Redes Ing.*, vol. 5, n.º 2, p. 39, 2014. <https://doi.org/10.14483/2248762X.8045>
- [3] L. Contreras and G. Tarazona, "Big Data: An Exploration Toward the Improve of the Academic Performance in Higher Education", *Lect. Notes Comput. Sci.*, vol. 10943, pp. 627-637, 2018 [en línea]. Disponible: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-93803-5\\_59](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-93803-5_59)
- [4] H. S. Barrows, "A taxonomy of problem-based learning methods", *Med. Educ.*, vol. 20, n.º 6, pp. 481-486, 1986.
- [5] T. A. Litzinger, L. R. Lattuca, R. G. Hadgraft y W. C. Newstetter, "Engineering education and the development of expertise", *J. Eng. Educ.*, vol. 100, n.º 1, pp. 123-150, 2011.
- [6] A. Valencia Giraldo, O. Carrillo y J. É. Aedo, "Las tendencias en la ingeniería", *Ing. y Soc.*, n.º 4, pp. 29-39, Apr. 2012 [en línea]. Disponible: <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/inges/article/view/11672/10637>
- [7] L. F. Vargas Tamayo y L. E. Contreras, Bravo, "Enseñanza de la mecánica de materiales enriquecida con herramientas computacionales", *Ingeniería*, vol. 12, n.º 1, pp. 64-71, 2007 [en línea]. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4797417>
- [8] V. Ausín, V. Abella, V. Delgado y D. Hortigüela, "Aprendizaje basado en proyectos a través de las TIC: una experiencia de innovación docente desde las aulas universitarias", *Formación Universitaria*, vol. 9, n.º 10, pp. 31-38, 2016. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062016000300005>
- [9] M. Reyes Barcos, "Las estrategias creativas como factor de cambio en la actitud del docente para la enseñanza de la matemática", *Sapiens. Rev. Univ. Investig.*, vol. 4, n.º 2, pp. 1-26, 2003 [en línea]. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=832123>

- [10] R. H. Gajghat, C. C. Handa y R. L. Himte, "Factors influencing academic performance of the students at university level exam: a literature review", *Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 6, n.º 5, pp. 2319-1163, 2014.
- [11] H. S. Barrows y R. M. Tamblyn, *Problem-based Learning: An Approach to Medical Education*. New York: Springer, 1980.
- [12] L. E. Contreras Bravo, G. M. Tarazona Bermúdez y J. I. Rodríguez Molano, "Design and application of a creative strategy based on the method of problem-based learning (PBL) in engineering students", *Commun. Comput. Inf. Sci.*, vol. 870, pp. 168-180, 2018.
- [13] M. de Miguel, *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias: Orientaciones para promover el cambio metodológico en el Espacio Europeo de Educación Superior*. Oviedo: Ediciones de la U. de Oviedo, 2005.
- [14] S. Lucas Yagüe et al., "Aprendizaje basado en problemas y Flipped Classroom: una experiencia de innovación docente en ingenierías del ámbito industrial", en *23 Congreso Universitario de Investigación Educativa en las Enseñanzas Técnicas*, 2015, pp. 30-41 [en línea]. Disponible: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/12078>
- [15] G. Bernaza Rodríguez y F. Lee Tenorio, "El aprendizaje colaborativo: una vía para la educación de postgrado", *Rev. Iberoam. Educ.*, vol. 37, n.º 3, pp. 1-18, 2005.
- [16] E. Caicedo, "El aprendizaje basado en problemas aplicado a las ecuaciones diferenciales", *Rev. Perspect. Educ.*, vol. 1, pp. 20-40, 2008.
- [17] R. M. Escobar Escobar, J. W. Montes Ocamp y E. J. Alzate Rodríguez, "Diseño de actividades mediante la metodología ABP para la enseñanza de la matemática", *Scientia et Technica*, vol. 18, n.º 3, pp. 542-547, 2013. <http://dx.doi.org/10.22517/23447214.8341>
- [18] T. Groenendijk, T. Janssen, G. Rijlaarsdam y H. Van den Bergh, "Learning to be creative: The effects of observational learning on students' design products and processes", *Learn. Instr.*, vol. 28, pp. 35-47, 2013.
- [19] K. Gavin, "Case study of a project-based learning course in civil engineering design", *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 36, n.º 6, pp. 547-558, Dec. 2011.
- [20] E. Sáez de Cámara Oleaga, J. Guisasola Arazabal y M. Garmendia Mujika, "Implementación y resultados obtenidos en una propuesta de aprendizaje basado en problemas en el grado en Ingeniería Ambiental", *Rev. Docenc. Univ.*, vol. 11, n.º espacial, pp. 85-112, 2013.
- [21] I. Camacho Freitez, J. A. Fuentes Esparrell y C. M. Gallardo Pacheco, "Desarrollo de la creatividad de los docentes en formación mediante el uso de metáforas en entornos virtuales de aprendizajes", *Edutec*, 2013 [en línea]. Disponible en: [https://www.uned.ac.cr/academica/edutec/memoria/ponencias/camacho\\_fuentes\\_116.pdf](https://www.uned.ac.cr/academica/edutec/memoria/ponencias/camacho_fuentes_116.pdf)
- [22] A. Galeano, *Viaje al fondo de la creatividad*. Bogotá: Coopertativa Editorial Magisterio, 2002.
- [23] L. F. Jiménez, "Capital de riesgo e innovación en América Latina", *Rev. CEPAL*, vol. 96, pp. 173-187, 2008.
- [24] E. A. Merchán Cruz, E. Lugo-González, y L. H. Hernández-Gómez, "Aprendizaje significativo apoyado en la creatividad e innovación", *Metodología de la Ciencia*, vol. 3, n.º 1, pp. 47-61, 2011 [en línea]. Disponible: <http://www.ammci.org.mx/revista/pdf/Numero3/4art.pdf>
- [25] M. E. del Moral Pérez, "Tecnologías de la información y la comunicación (TIC): creatividad y educación", *Educar*, n.º 25, pp. 33-52, 1999 [en línea]. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=82319>
- [26] D. Ovallos Gazabon, D. Maldonado Pérez y S. de la Hoz Escorcia, "Creatividad, innovación y emprendimiento en la formación de ingenieros en Colombia: un estudio prospectivo", *Rev. Educ. Ing.*, vol. 10, n.º 19, pp. 90-104, 2015.
- [27] "WIEGO", 2018 [en línea]. Disponible: <http://espanol.wiego.org>